

令和4年度 建築基準整備促進事業 E17. 共同住宅の省エネ性能評価における 暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

○株式会社 ユーワークス 取締役 宇田 渉
佐藤エネルギーリサーチ 株式会社 代表取締役 佐藤 誠

○：事業主体における代表事業者

事業年度：令和4～5年度(最終年度の報告)

報告内容目次

■ 調査概要

- 背景と目的
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題
- 基整促E17の2年間の実施内容
- 事業実施体制
- 事業のスケジュール

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 実施内容
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 現行Webプログラムとの比較

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 概要
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への適用
- 極端な例での検証
- 戸建て住宅を含む試算
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

■ (ハ)基準化の検討

■ 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案

報告内容目次

■ 調査概要

- 背景と目的
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題
- 基整促E17の2年間の実施内容
- 事業実施体制
- 事業のスケジュール

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 実施内容
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 現行Webプログラムとの比較

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 概要
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への適用
- 極端な例での検証
- 戸建て住宅を含む試算
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

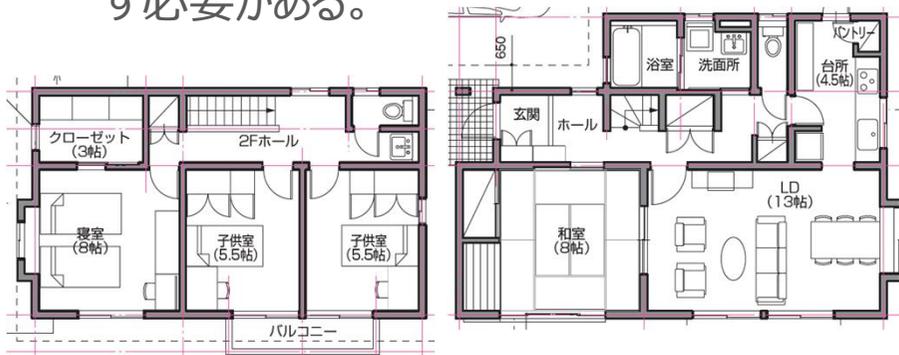
■ (ハ)基準化の検討

■ 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案

1. 調査概要 背景と目的

■ 背景

- **現行省エネ基準**では、**戸建住宅・共同住宅**の別にかかわらず、**特定の戸建住宅モデル**を前提とした**暖冷房負荷**の計算結果を用いて一次エネルギー消費量を算定している。
- より精緻に**共同住宅特有**の住宅形態等を踏まえた暖冷房設備の一次エネルギー消費量を算定するためには評価方法を見直す必要がある。



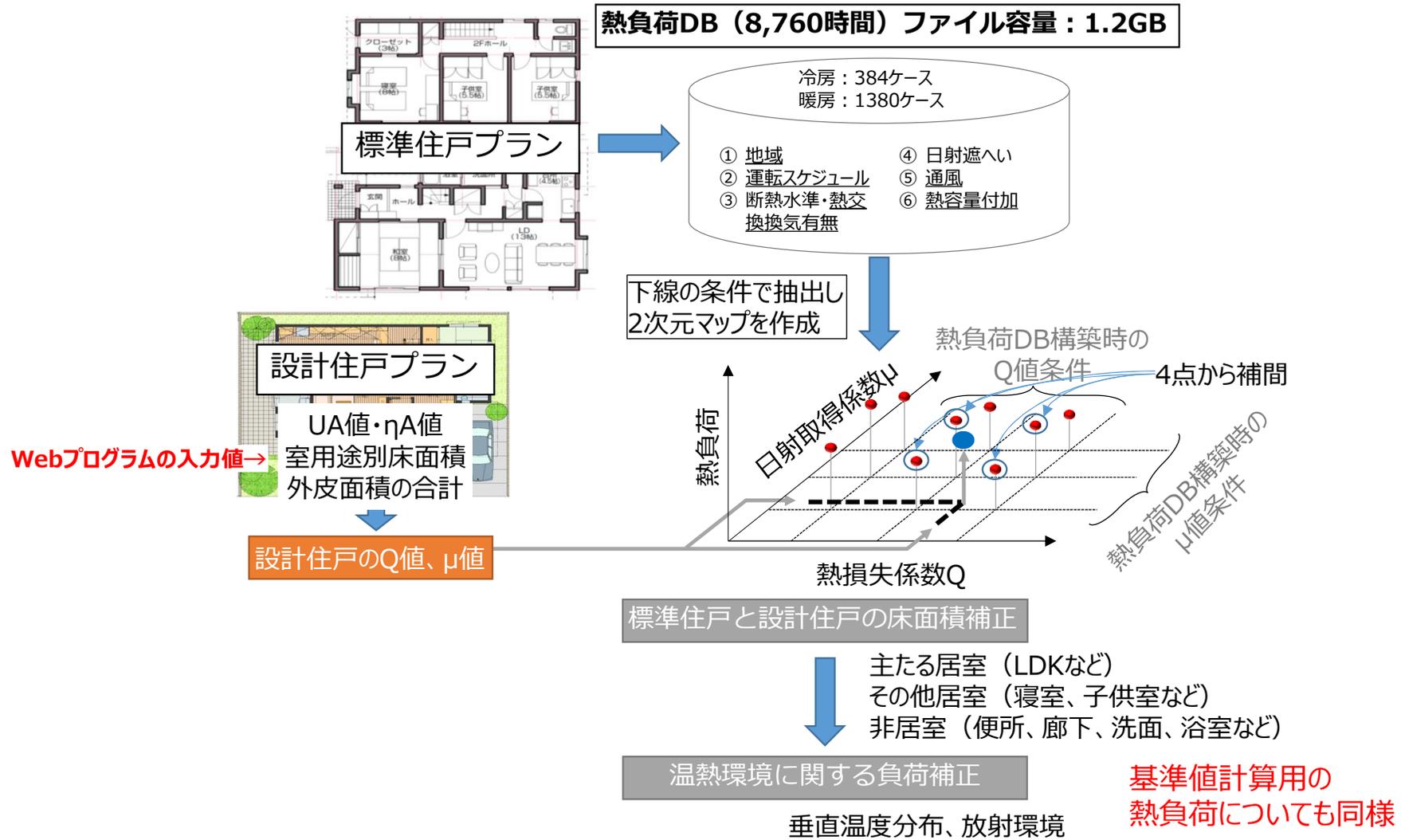
RC造共同住宅であっても120m²の木造住宅の暖冷房負荷を使用している

■ 目的

- **共同住宅の住宅形態**等の特徴を整理したうえで、以下について検討する。
 - ・ (イ)暖冷房設備の一次エネルギー消費量の算定に用いる**暖冷房負荷モデルの検討**
 - ・ (ロ)その推定に必要な**簡易な入力方法**等を整理
 - ・ (ハ)評価方法の見直しに資する**技術的資料をまとめる**

戸建住宅と共同住宅で評価法が異なるのは、今後提案する評価法が省エネ基準に実装された際に管理コストがかかるため、調査題目にこだわらず**戸建住宅についても検討**した

1. 調査概要 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法

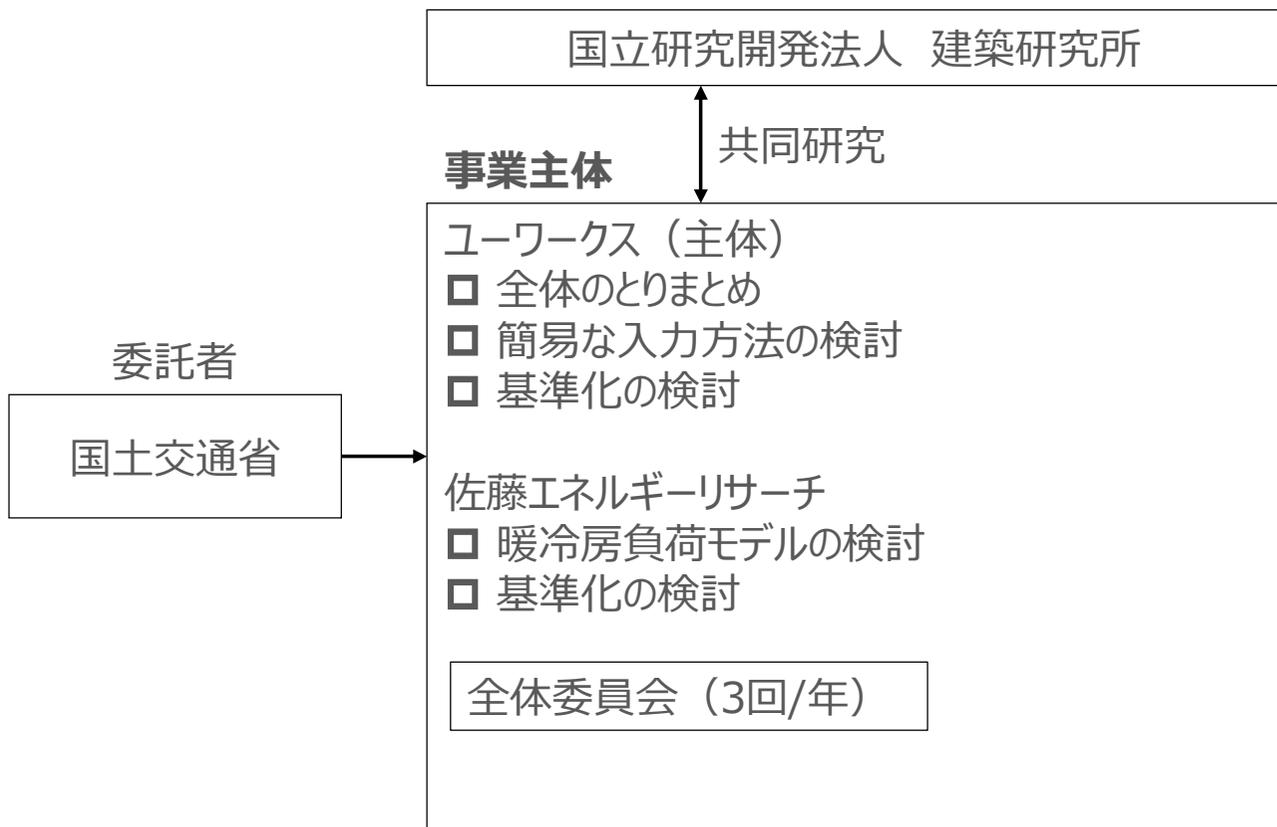


E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

1. 調査概要 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題

- 今後、建築に関連する**新たな省エネ技術**を評価対象とするたびに**熱負荷DBを拡張**する必要がある
- 4つの条件の8760時間分熱負荷（暖房用と冷房用それぞれ）を**メモリに読み込む**必要があり、**計算に時間がかかる**
- 省エネ基準の評価を「有無による評価」から「**連続評価**」とする場合、特に非線形となるような場合（蓄熱性能など）の**補間方法を考える必要がある**
- **RC造**集合住宅にも木造戸建住宅の負荷データを用いており、**計算精度が低く**なっている
- **温熱環境に関する負荷補正**は本来時々刻々変化するが、**年間にわたって1つの補正值**を用いている

1. 調査概要 事業実施体制



全体委員会 有識者構成

役職	氏名	所属
委員長	坂本 雄三	東京大学名誉教授
委員	田辺 新一	早稲田大学
委員	永田 明寛	東京都立大学
委員	長井 達夫	東京理科大学
委員	富樫 英介	工学院大学

1. 調査概要 事業のスケジュール

	令和4年度				令和5年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
(イ)暖冷房負荷モデルの検討	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">不足する熱負荷要素の計算法検討</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">設備方式に影響を受ける負荷計算法の検討</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">未検討の負荷計算条件の検討</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 150px;">現行Webプログラムとの比較</div>							
(ロ)簡易な入力方法の検討	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 150px;">共同住宅の建物モデル生成の検討</div>							
(ハ)基準化の検討					<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 150px;">戸建住宅の建物モデル生成の検討</div>			
事業成果を早期に 省エネ基準に反映する方法の検討					<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 150px;">現行との連続性確認</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 150px;">計算速度の向上</div>	
全体委員会	○		○	○	○		○	○

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

報告内容目次

■ 調査概要

- 背景と目的
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題
- 基整促E17の2年間の実施内容
- 事業実施体制
- 事業のスケジュール

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 実施内容
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 現行Webプログラムとの比較

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 概要
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への適用
- 極端な例での検証
- 戸建て住宅を含む試算
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

■ (ハ)基準化の検討

- 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 令和4、5年度実施内容

11

■ 熱負荷要素の計算法の検討

- 安定的な応答係数計算法
- 土間床外周部の非定常伝熱の計算法
- 開口部日射熱取得率の斜入射特性
- 調理発熱と同時給排気型レンジフード

■ 多様な空調形態に対応した暖冷房負荷モデルの検討

- ダクト式セントラル空調
- 全熱交換・換気ユニット

■ 暖冷房負荷計算条件の検討

- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 建物モデルと空調スケジュール
- 室内戸開閉に伴う空間換気量

■ 現行Webプログラムとの比較

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 令和4年度実施内容

12

■ 熱負荷要素の計算法の検討

- 安定的な応答係数計算法
- 土間床外周部の非定常伝熱の計算法
- 開口部日射熱取得率の斜入射特性
- 調理発熱と同時給排気型レンジフード

■ 多様な空調形態に対応した暖冷房負荷モデルの検討

- ダクト式セントラル空調
- 全熱交換・換気ユニット

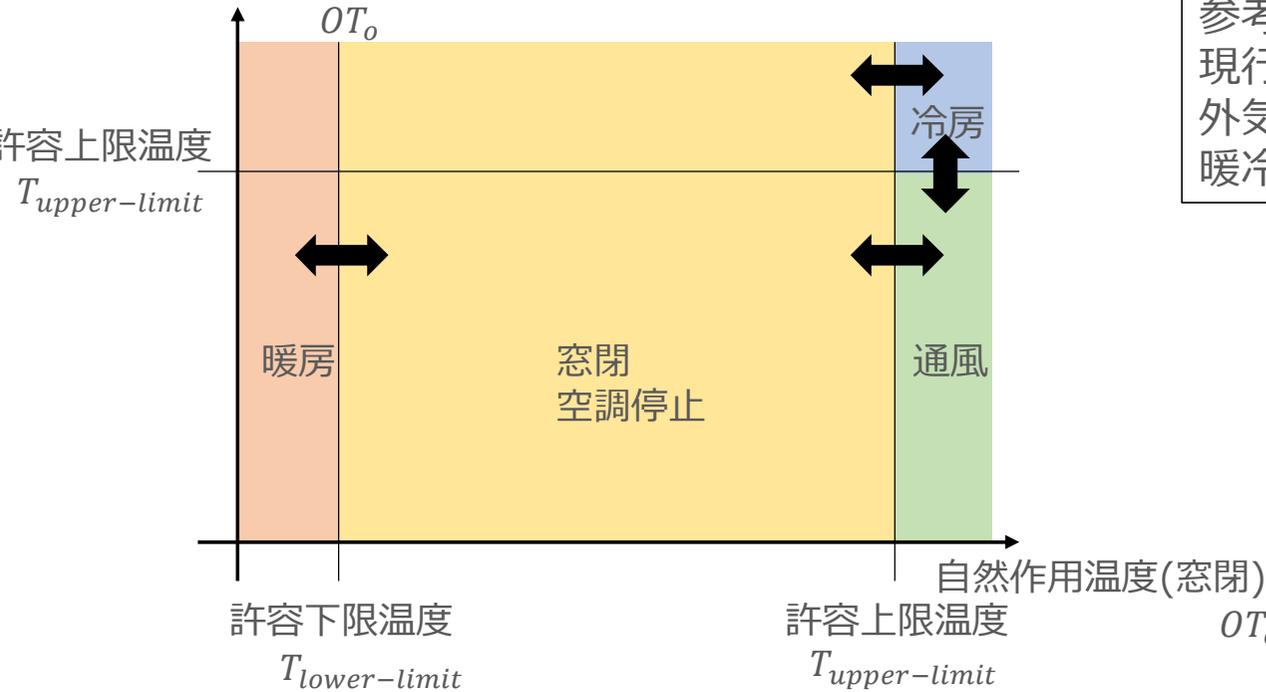
■ 暖冷房負荷計算条件の検討

- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映**
- 建物モデルと空調スケジュール
- 室内戸開閉に伴う空間換気量

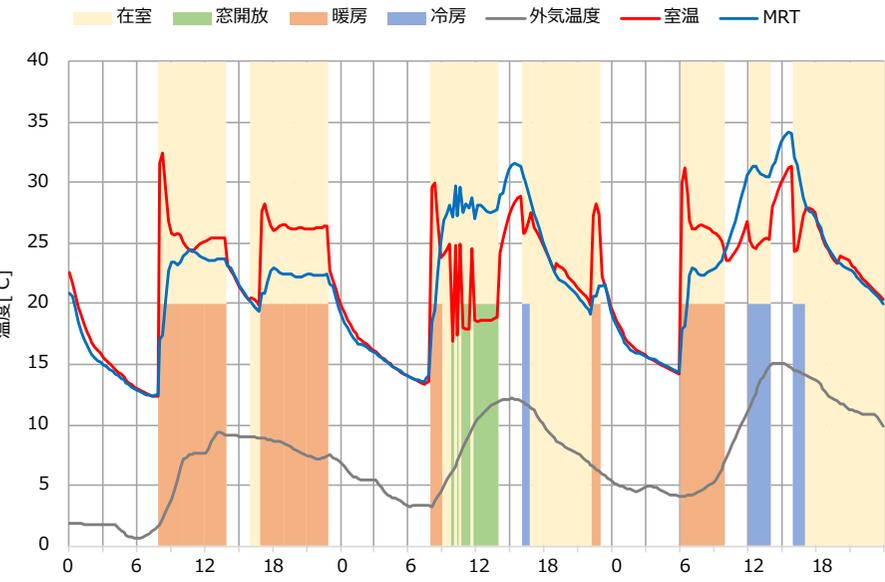
■ 現行Webプログラムとの比較

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映 13

自然作用温度(窓開)



参考
 現行省エネ基準では、
 外気温度の年周期成分から
 暖冷房期間を決定



極端な設計をすると、1日の中で暖冷房が切り替わる

許容上下限温度、冷暖房温度の案

	湿度 [%]	風速 [m/s]	着衣量 [clo]	代謝量 [Met]	PMV [-]	PPD	作用温度 [°C]
許容上限温度	50	0.1	0.3	1.0	0.84	20	29.1
許容下限温度	50	0.1	1.1	1.0	-0.84	20	19.4

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 令和4年度実施内容

14

■ 熱負荷要素の計算法の検討

- 安定的な応答係数計算法
- 土間床外周部の非定常伝熱の計算法
- 開口部日射熱取得率の斜入射特性
- 調理発熱と同時給排気型レンジフード

■ 多様な空調形態に対応した暖冷房負荷モデルの検討

- ダクト式セントラル空調
- 全熱交換・換気ユニット

■ 暖冷房負荷計算条件の検討

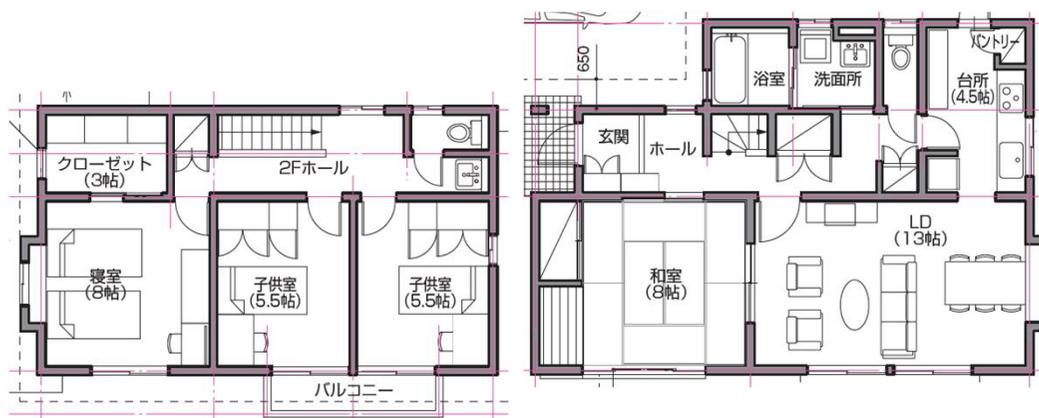
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 建物モデルと空調スケジュール
- 室内戸開閉に伴う空間換気量

■ 現行Webプログラムとの比較

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 現行評価法と提案評価法の主な計算条件の比較

	現行	提案
計算プログラム	市販の暖冷房負荷計算プログラム	本調査で開発
家具の熱容量とモデル	室気積当たり12.6kJ/(m ³ ・K)とし、 室空気の熱容量に加算	室気積当たり12.6kJ/(m ³ ・K)とし、 室とは別に1質点設けて遅れを考慮
暖冷房期間	外気温 の年周期成分から設定	自然作用温度から時々刻々設定
計算室数	14室	同左
設定温度	設定対象： 空気温度 冷房：27℃（就寝中28℃） 暖房：20℃	設定対象： 作用温度 冷房：27℃（就寝中28℃） 暖房：20℃
開口部透過日射の扱い	50%が床、残り50%を 床以外の面に面積比で案分	50%が床、残り50%を 家具



モデル建物

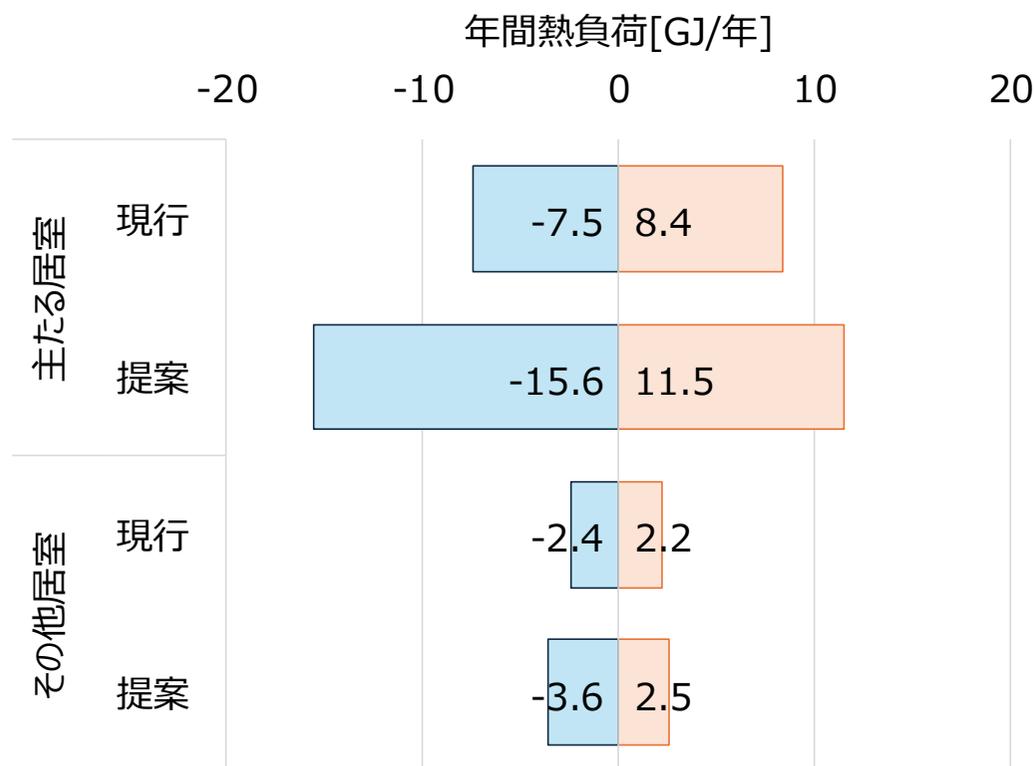
E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 期間暖冷房熱負荷比較

かなり乖離が大きい。主な要因は以下の通り。

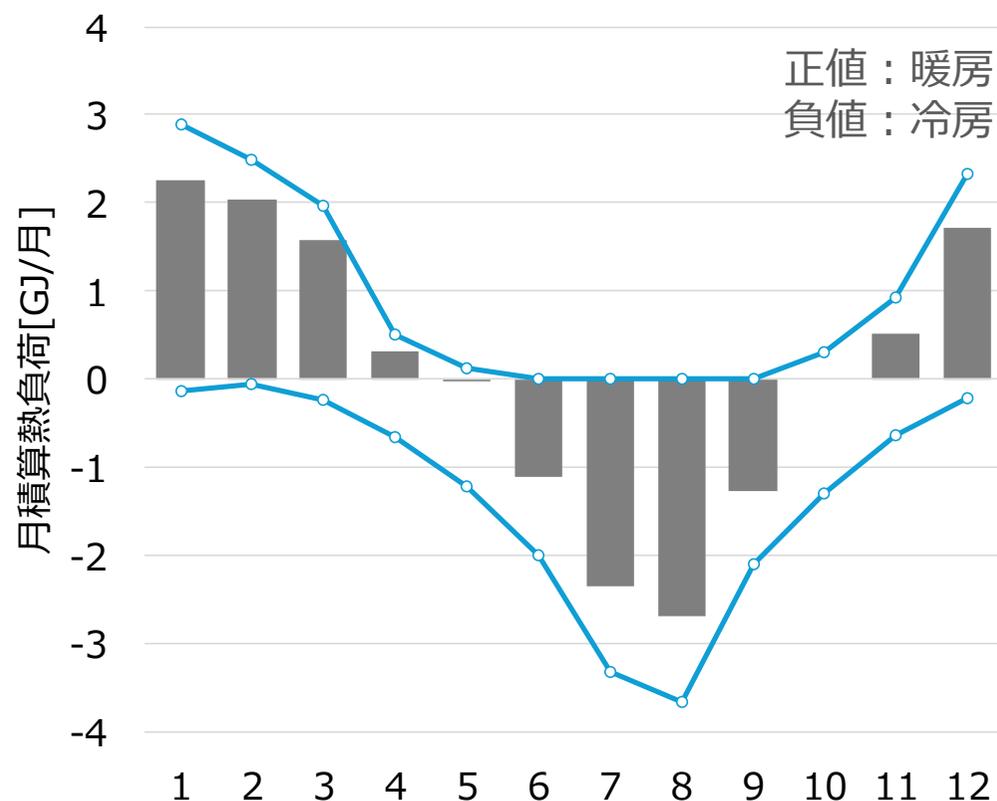
- ・提案方法では**暖房期間、冷房期間**の概念がない
- ・提案方法では**作用温度設定**になっている

■ 暖房 ■ 冷房



比較条件：6地域、断熱等級4、居室間歇空調

■ 現行 ○ 提案



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

報告内容目次

■ 調査概要

- 背景と目的
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題
- 基整促E17の2年間の実施内容
- 事業実施体制
- 事業のスケジュール

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 実施内容
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 現行Webプログラムとの比較

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 概要
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への適用
- 極端な例での検証
- 戸建て住宅を含む試算
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

■ (ハ)基準化の検討

■ 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案

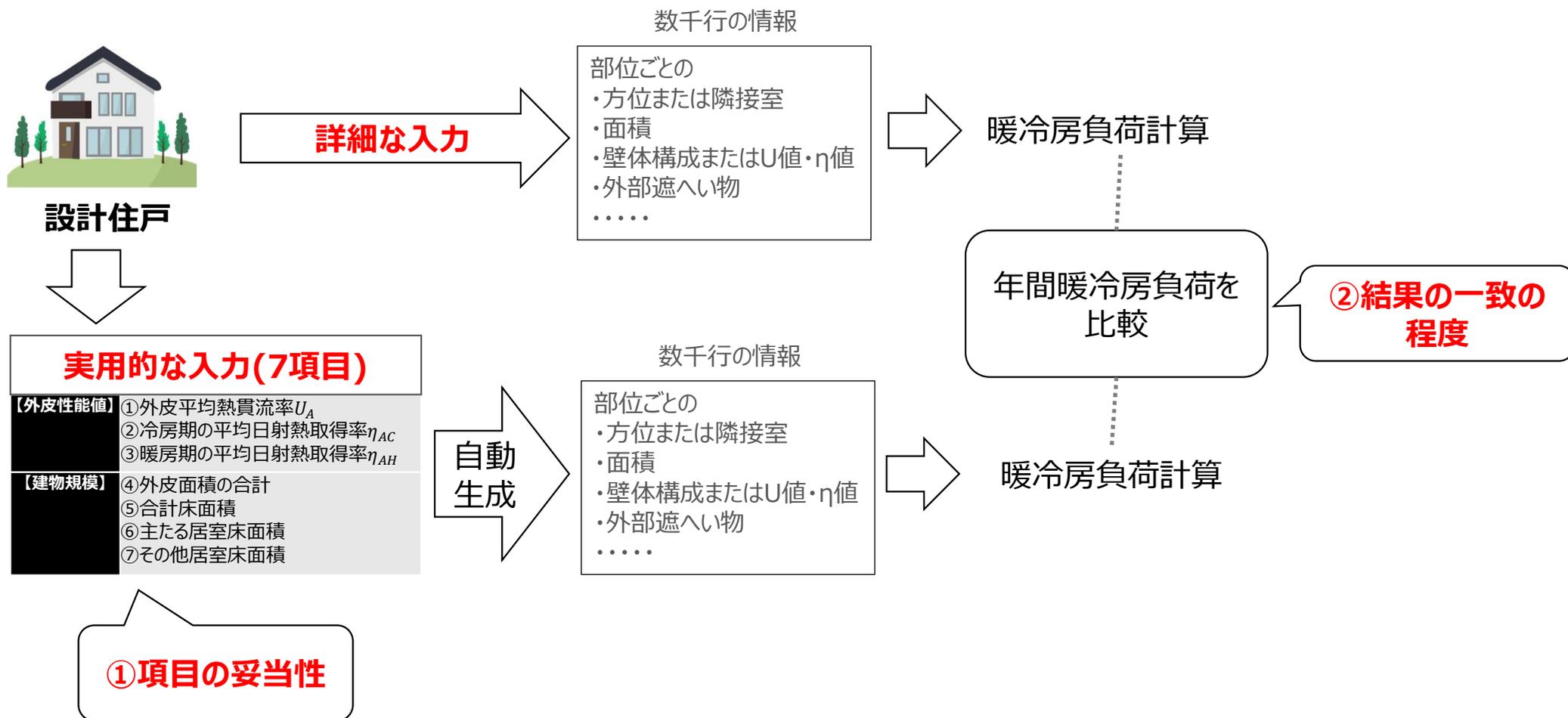
3. (□)簡易な入力方法の検討 令和5年度実施内容

18

■ 概要

- 共同住宅の簡易入力法の戸建への拡張
- 入力情報の生成方法
- 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

3. (□)簡易な入力方法の検討 概要



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

3. (□)簡易な入力方法の検討 令和5年度実施内容

- 概要

- **入力情報の生成方法**

- 共同住宅の簡易入力法の戸建への拡張
- 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

3 . (□)簡易な入力方法の検討 入力情報の生成方法

21

手順Ⅰ：外皮評価住戸の部位面積の生成

手順Ⅱ：部位の熱貫流率の生成

手順Ⅲ：透明な部位の垂直入射時日射熱取得率の生成

手順Ⅳ：内壁の生成

3 . (□)簡易な入力方法の検討 手順 I : 外皮評価住戸の部位面積の生成 22

a.設計住戸の情報

- ①外皮平均熱貫流率 U_A
- ②平均日射熱取得率 η_A
- ④外皮面積総面積 A_{env}
- ⑤主たる居室床面積 A_{MR}
- ⑥その他居室床面積 A_{OR}
- ⑦非居室床面積 A_{NR}



b.外皮評価住戸の外皮面積

$$\begin{aligned} \text{水平外皮} &= \text{床面積} \times 2 \\ \text{垂直外皮面積} &= \text{外皮総面積} - \text{水平外皮面積} \end{aligned}$$

垂直外皮面積の室用途方位への案分は、参照住戸の室用途・方位の比率で行う。

外皮の床面積と外皮の天井面積は等しいと仮定

3 . (□)簡易な入力方法の検討 手順 I : 外皮評価住戸の部位面積の生成

23

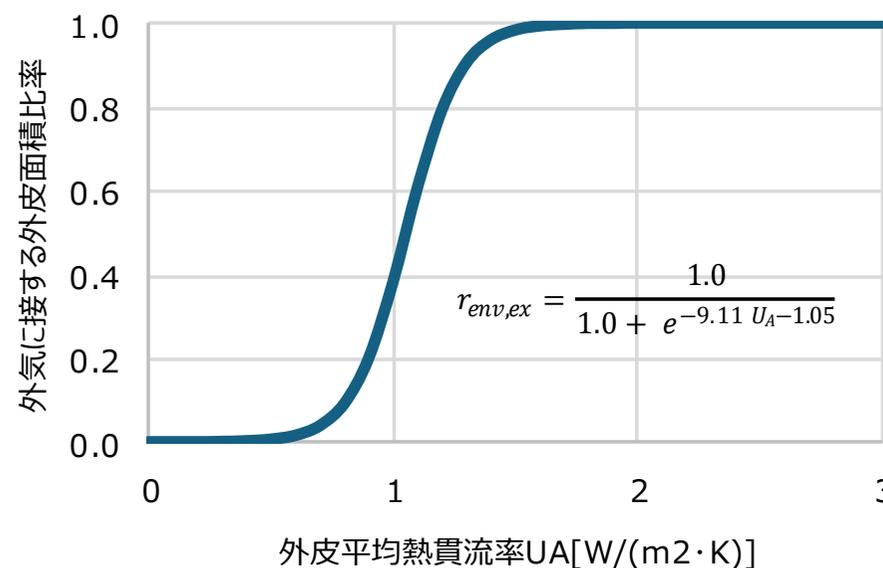
c.外皮評価住戸の界壁・界床面積の推定

外皮平均熱貫流率から外気に接する外皮面積比率を求める



水平外皮、各方位の垂直外皮面積に均等に界壁、階床を割り当てる

共同住宅の場合のみ



3 . (□)簡易な入力方法の検討 手順 I : 外皮評価住戸の部位面積の生成

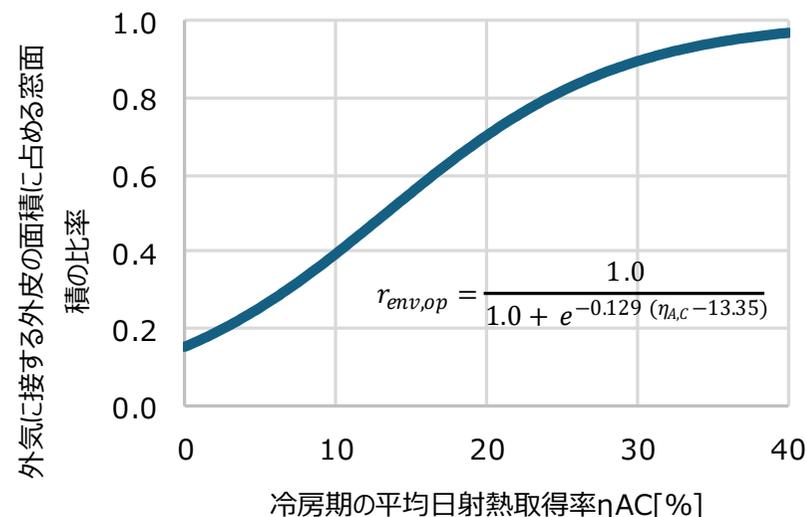
24

d.外皮評価住戸の窓面積の推定

平均日射熱取得率から外気に接する垂直外皮面積に対する窓面積比率を求め、すべての方位に適用されるとして垂直外皮の窓面積を求める



参照住戸の窓面積の室用途ごと・方位ごとの窓面積割合を用いて外皮評価住戸の室用途ごと・方位ごとの窓面積を決定



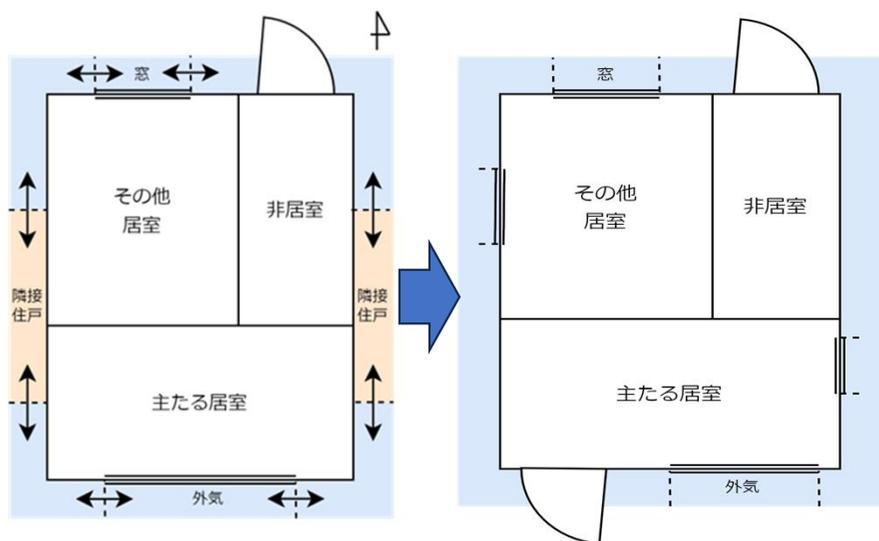
窓面積を固定する方法もあるが、平均日射熱取得率によって窓面積を増減させたほうが本生成方法の適用範囲が拡大する

3. (ロ)簡易な入力方法の検討 令和5年度実施内容

- 概要
- 入力情報の生成方法
- **共同住宅の簡易入力法の戸建への拡張**
- 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

3. (□)簡易な入力方法の検討 共同住宅の簡易入力法の戸建への適用

26



戸建住宅へ適用する際の変更点

- ◎ 隣接住戸と接ししない
- ◎ 壁体構成でコンクリート造から木造に変更
- ◎ 参照住戸を変更
 - ・全方位に開口部
 - ・勝手口の追加

3. (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較 27

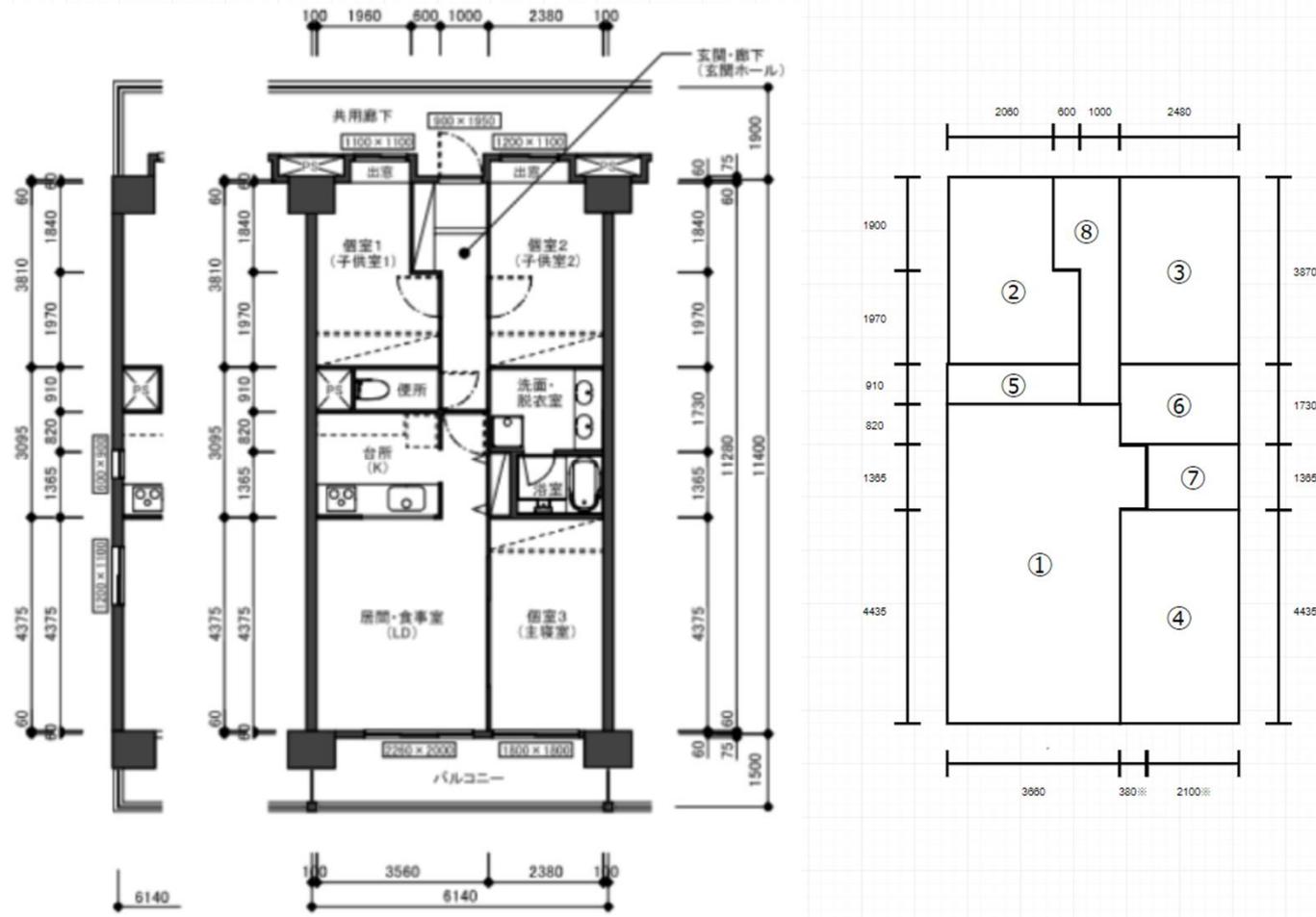
- 概要
- 入力情報の生成方法
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への拡張
- **詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較**
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

3 . (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較²⁸

◎以下の全組み合わせ(180通り)において、簡易な入力および暖冷房負荷計算(居室間欠)を行った。

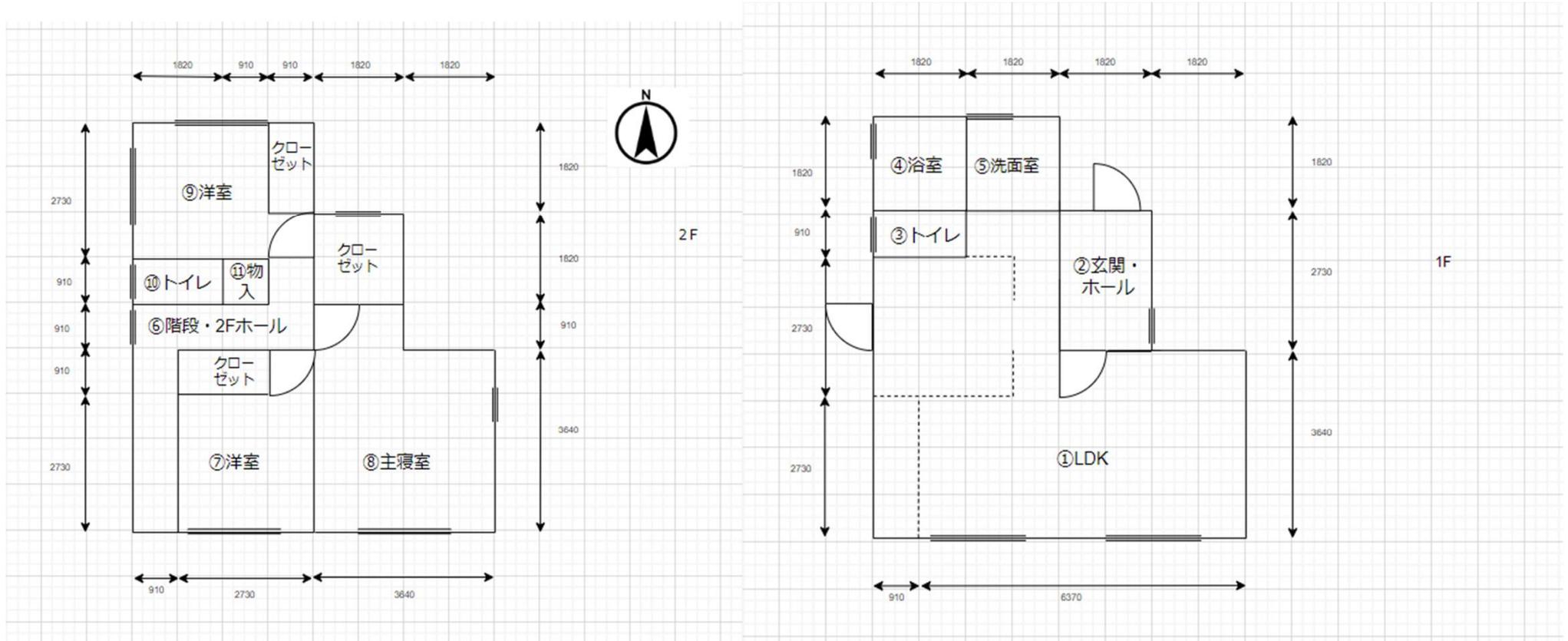
項目	パターン	パターン数
間取り	3LDK一般(共同住宅)、2F建て(戸建て),平屋(戸建て)	3
主開口方位	東西南北	4
地域	岡山,岩見沢,那覇	3
断熱性能	H4,H11,H11超	3
断熱方法	基礎断熱,床断熱 (戸建てのみ)	2

3. (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較²⁹

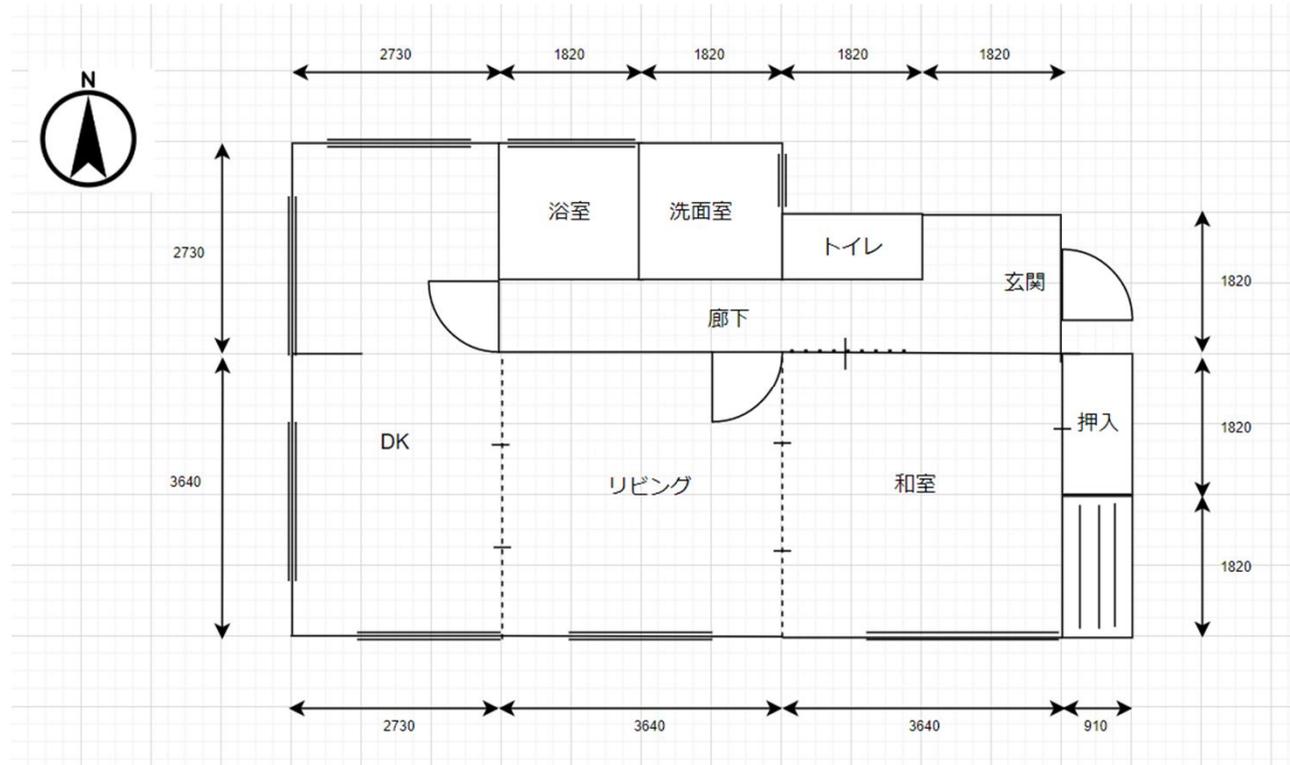


E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

3. (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較³⁰

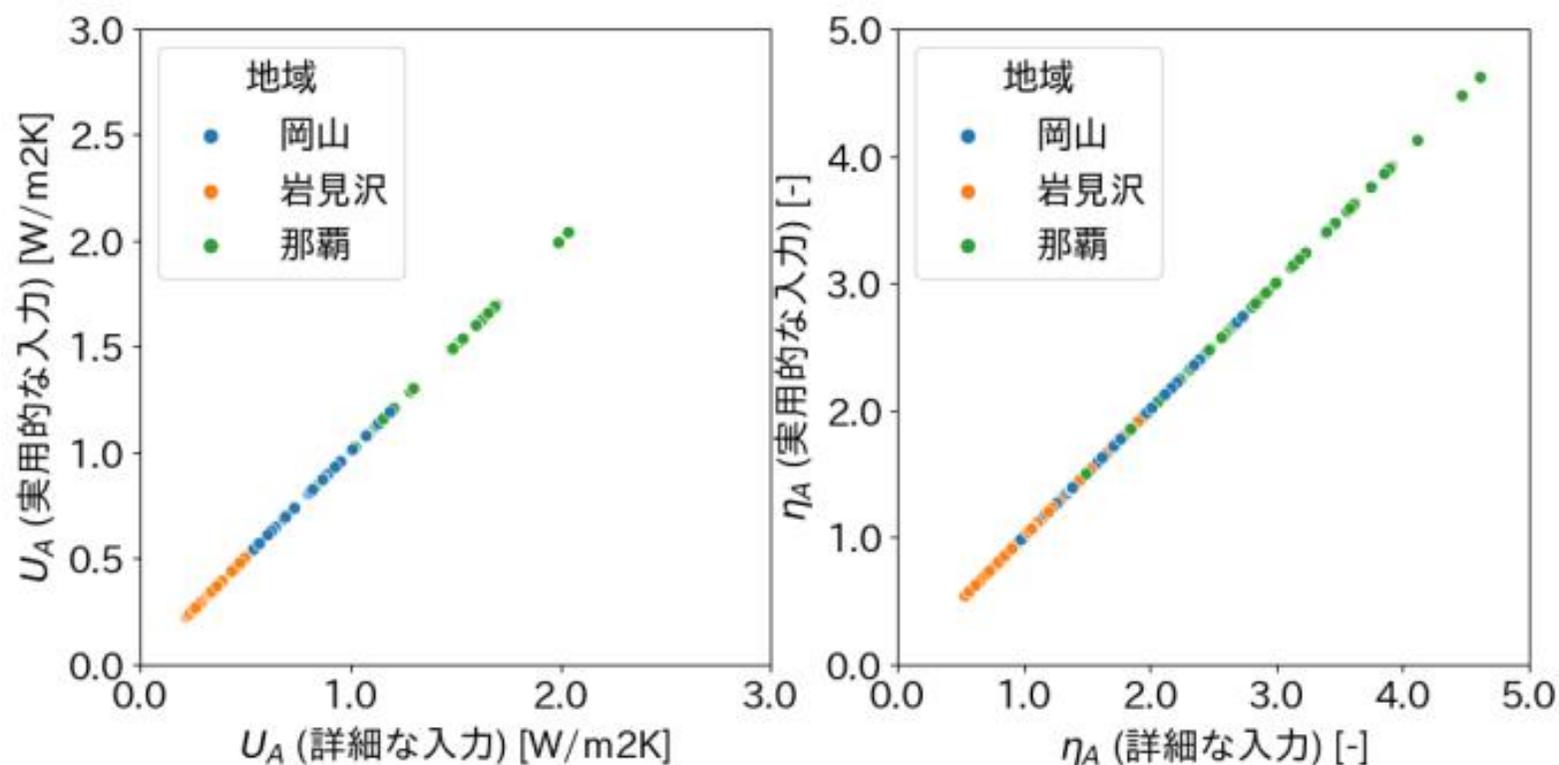


3 . (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較³¹



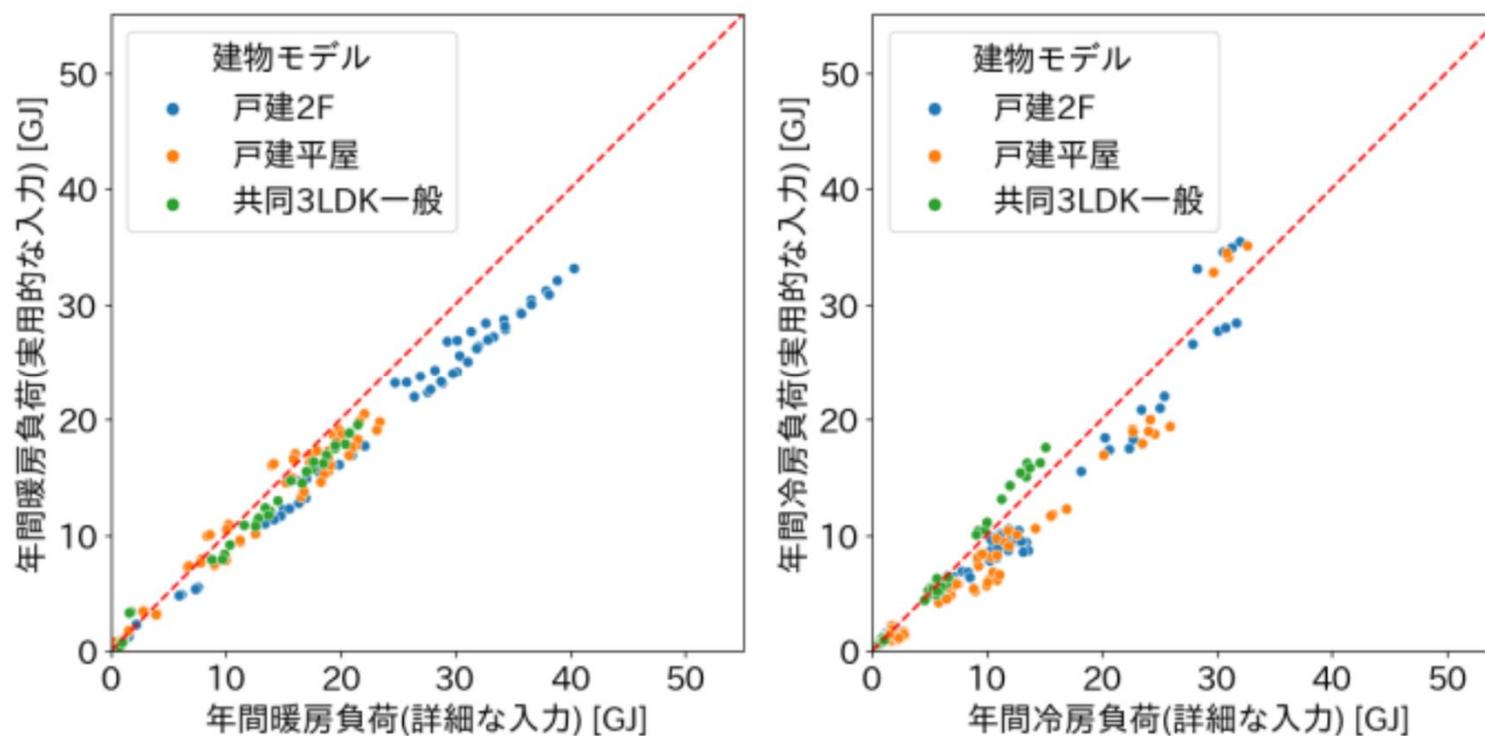
3 . (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較³²

◎ **UA値**および **η_A 値**については**詳細な入力**と**実用的な入力**で**一致**する。



3 . (□)簡易な入力方法の検討 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較³³

◎ **詳細な入力**に比べて**実用的な入力**にすると**年間暖冷房熱負荷**が**小さく**なる傾向にある。



3. (□)簡易な入力方法の検討 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討 34

- 概要
- 入力情報の生成方法
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への拡張
- 詳細な入力と実用的な入力での熱負荷の比較
- **戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討**

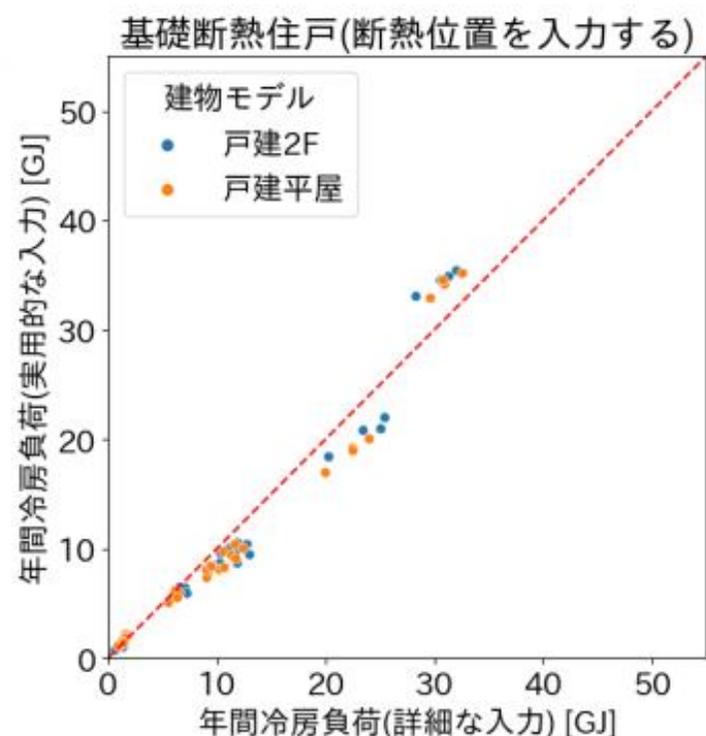
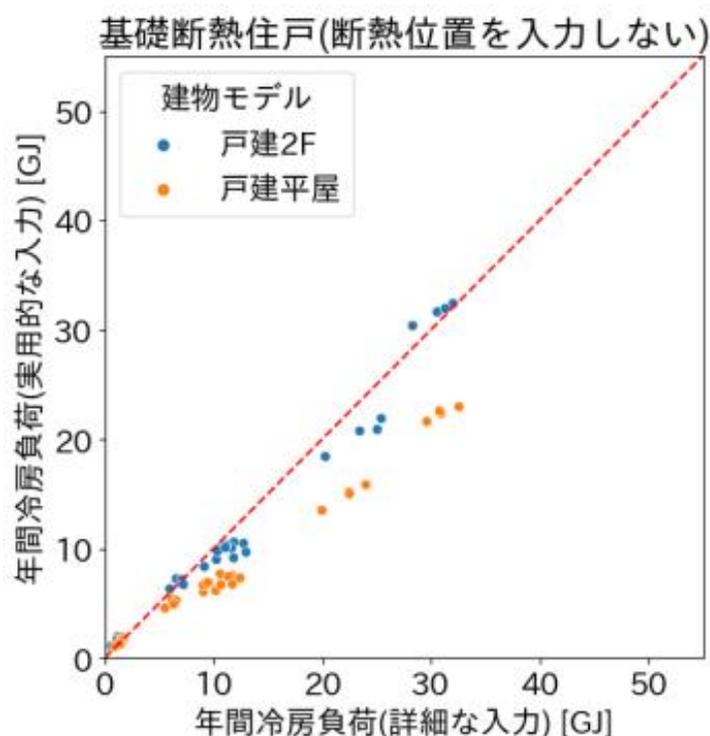
3 . (□)簡易な入力方法の検討 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討 35

- ◎戸建住宅を含む試算結果から、詳細な入力と実用的な入力の**年間暖冷房熱負荷の差**の要因は**地域・断熱位置・建物モデル・主開口方位**であることがわかった。
- ◎入力情報に全く情報が無い項目は、**断熱位置・主開口方位**である。
- ◎戸建住宅の下部の断熱位置は最下階床下を想定した。断熱位置が入力パラメータに追加されたとして、**基礎断熱住戸**として**パラメータ生成**を行い影響を確認した。

3 . (□)簡易な入力方法の検討 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討 36

◎建物モデルが**戸建平屋**の場合は、**断熱位置**を入力した方が、実用的な入力の年間暖房負荷・年間冷房負荷の値が増加する。

◎**戸建2F**についてはほぼ**変化が見られない**。



年間冷房負荷は
顕著に変化する

報告内容目次

■ 調査概要

- 背景と目的
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題
- 基整促E17の2年間の実施内容
- 事業実施体制
- 事業のスケジュール

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 実施内容
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 現行Webプログラムとの比較

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 概要
- 共同住宅の簡易入力法の戸建への適用
- 極端な例での検証
- 戸建て住宅を含む試算
- 戸建に住宅における入力パラメータ追加の検討

■ (ハ)基準化の検討

- 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案

4. (八)基準化の検討

■ 仕様書を作成（全238ページ）

- 開発した室温・熱負荷計算プログラムの入力項目
- 評価法
- 評価法の根拠

■ Webサイトで公開中

- プログラム本体
 - Python版
https://github.com/BRI-EES-House/heat_load_calc
 - Go版
https://github.com/BRI-EES-House/heat_load_calc_go
- 仕様書
<https://hc-energy.readthedocs.io>

目次

38

第1章 注意事項	1
I. 本評価における行列表記について	2
第2章 プログラムの仕様	5
入力用 json ファイル	6
気象データの指定	38
第3章 評価方法	41
評価方法（全体）	42
時間間隔	43
地域	45
太陽位置	47
気象条件	51
スケジュール	54
評価方法（中心部分）	69
計算期間	70
繰り返し計算	72
建物全般	88
室	91
備品等	93
境界	96
室内の境界の形態係数および放射熱伝達率	109
傾斜面の方位角・傾斜角	112
口よけの影面積比率	114
窓	118
相当外気温度	127
透過日射量	132
傾斜面日射量	135
機械換気	140
在室者の形態係数	143
日射吸収量	145
運転モード	147
PMV	155
第4章 評価方法の根拠	163
熱バランス	164

ここまでのまとめ

- (イ)暖冷房負荷モデルを提案
 - 外皮と設備の連成や外皮性能に応じた暖冷房期間の動的設定など、**先進的な方法**
 - 現行の暖冷房熱負荷に対し、**提案するモデルではかなり過大**に算出される
- (ロ)**実用的な入力**から熱負荷計算に必要な**入力情報の生成方法を提案**
 - 現行必要な**建物規模補正が不要**
 - 詳細な入力に対し実用的な入力は強い正の相関がみられたが、**実用的な入力の方が熱負荷が小さく算出**される傾向
- (ハ) (イ)(ロ)の内容を技術資料としてまとめた
 - 評価法とその根拠を整理
- おおむね当初の目的を達成

- 現行の評価法との**連続性が担保できず**、省エネ基準への実装に時間を要する可能性がある
 - 現行評価法との**連続性を重視**し、本調査の成果を**早期に省エネ基準に反映する方法**を検討

5. 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案 計算フロー



自立循環型住宅(演算高速化のため**8室**)で下記条件を満たす入力データを作成

断熱性能
日射遮へい性能

新熱負荷計算プログラム

地域で暖冷房期間を決定
空気温度設定

標準住戸と設計住戸の床面積補正

主たる居室 (LDKなど)
その他居室 (寝室、子供室など)
非居室 (便所、廊下、洗面、浴室など)

温熱環境に関する
負荷補正

垂直温度分布、放射環境

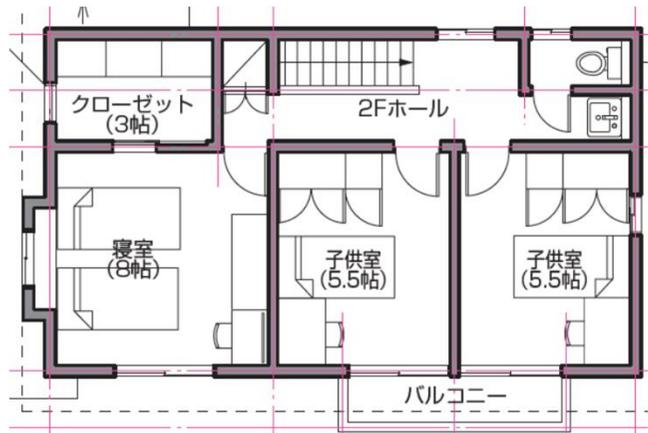
空調エネルギー計算

基準値計算用の
熱負荷についても同様

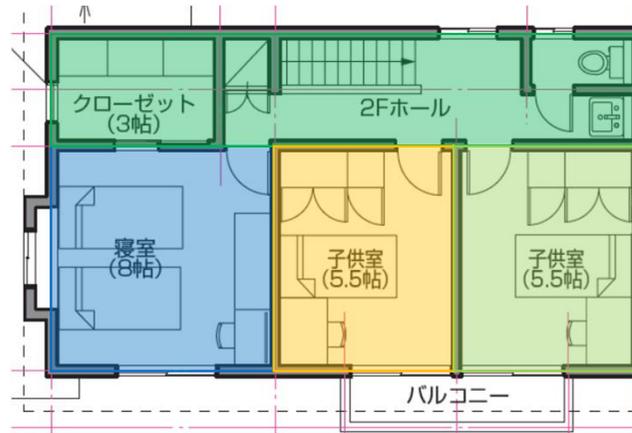
現行Webプログラムの→
入力値

5. 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案 入力室

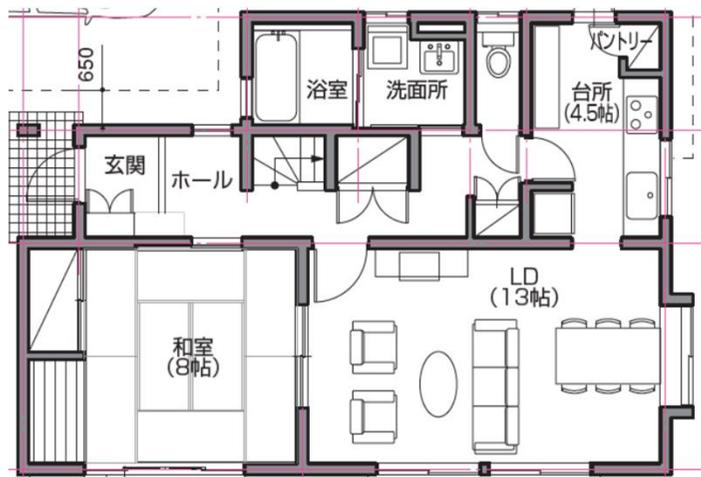
現行負荷データ作成時の入力室数



提案する入力室数

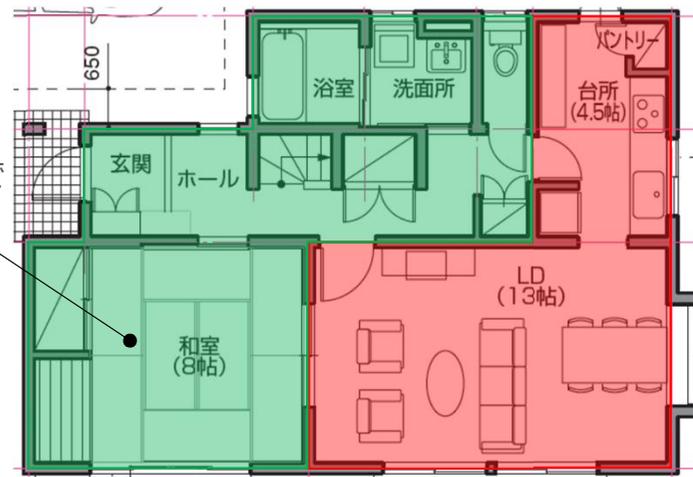


- 主たる居室
- ■ ■ その他居室
- 非居室



和室は本来、
その他居室に含まれる
→居室連続運転条件
では和室を非空調なので
非居室に入れた

計18室

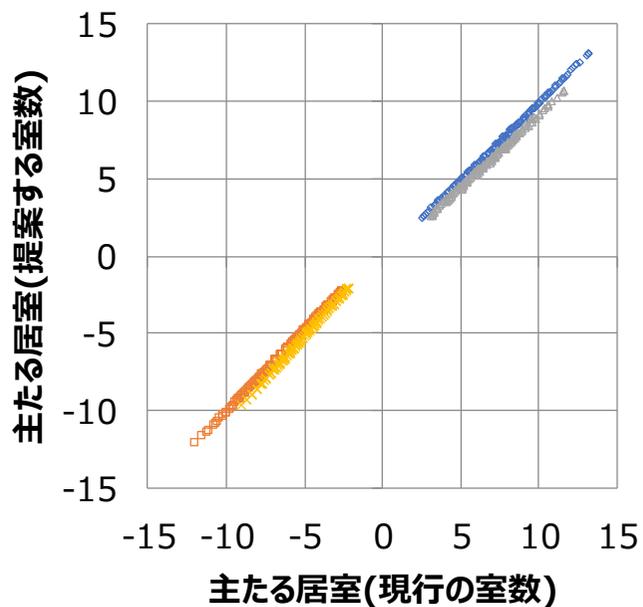


主たる居室
その他居室3室
非居室
小屋裏
階間
床下
計8室

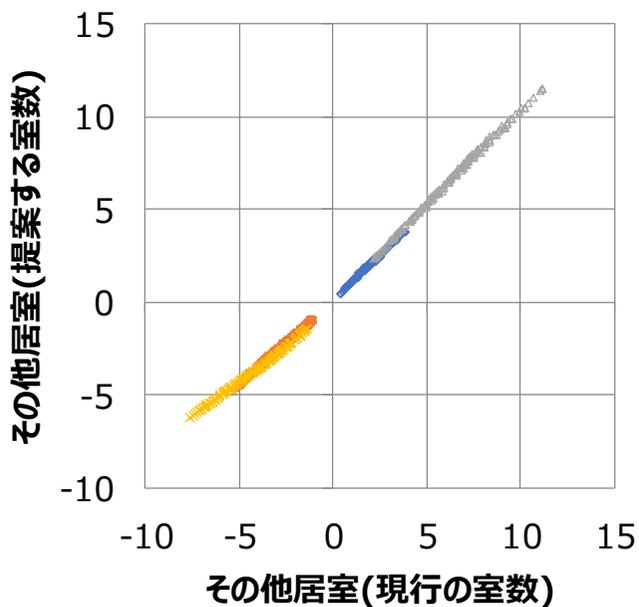
5. 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案 熱負荷の検証

室数を合理的に**集約**することで、現行負荷データの**連続性**と計算の**高速化**の両立の道筋がたった

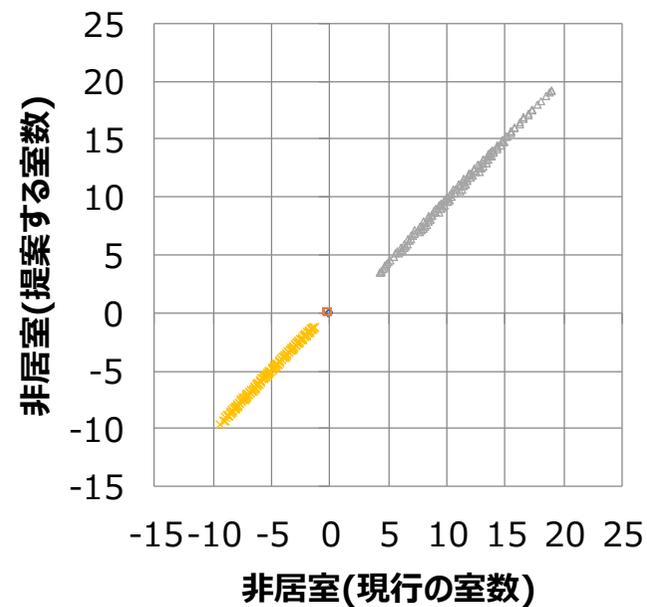
- ◇ 居室間歇-暖房 □ 居室間歇-冷房
- △ 全館連続-暖房 × 全館連続-冷房



- ◇ 居室間歇-暖房 □ 居室間歇-冷房
- △ 全館連続-暖房 × 全館連続-冷房



- ◇ 居室間歇-暖房 □ 居室間歇-冷房
- △ 全館連続-暖房 × 全館連続-冷房



単位：[GJ/年]

6. まとめと展望

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 暖冷房負荷の計算法、計算条件等については**一通りとりまとめた**
- 特定の条件（6地域、断熱等級4、居室間歇空調）で、**現行Webプログラムの暖冷房負荷と比較**
 - ・提案する方法は、先進的な方法（地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映、作用温度設定）を採用しており、**現行Webプログラムより暖冷房ともに大きく算出**される

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 現行のWebプログラムの入力7項目**（外皮平均熱貫流率 U_A 、冷房期の平均日射熱取得率 η_{AC} 、暖房期の平均日射熱取得率 η_{AH} 、外皮面積の合計、主たる居室の床面積、その他居室の床面積、合計床面積）から、**熱負荷計算に必要な数千行の入力情報の生成法**を整理した
- 代表的なプランで**詳細に入力**した場合と比較すると、**7項目を入力**した場合は年間熱負荷は、**1GJ程度の減少**するものの**高い相関**が得られることを確認した

■ (ハ)基準化の検討

- 負荷計算の入力情報、**評価法(計算法)**、**評価法の根拠**を整理し公開した

■ 本事業成果を早期に省エネ基準に反映する方法の提案

- 現行との**連続性と計算の高速化を両立**できる方法を提案した
- 現行評価で使用している**暖冷房負荷データの管理が不要**となる
- 建築的**未評価技術の評価を速やかに評価可能**とする土台ができる